



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Строительство дорожных одежд с применением комплексно-модифицированных цементогрунтов

Проректор по научно-исследовательской деятельности
Заведующий кафедрой автомобильных дорог, мостов и тоннелей
Вдовин Евгений Анатольевич



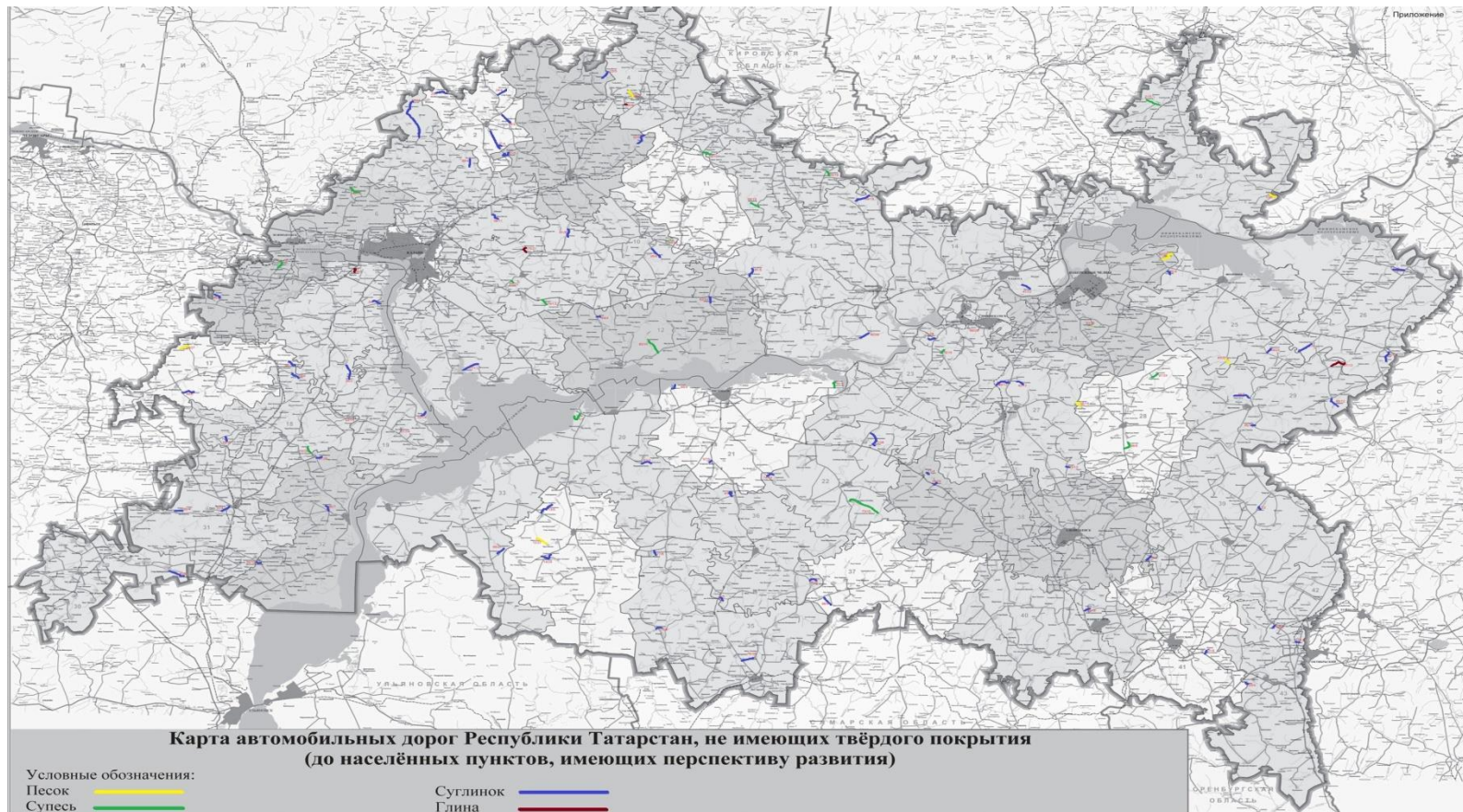
X Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии: пути повышения межремонтных сроков службы автомобильных дорог»

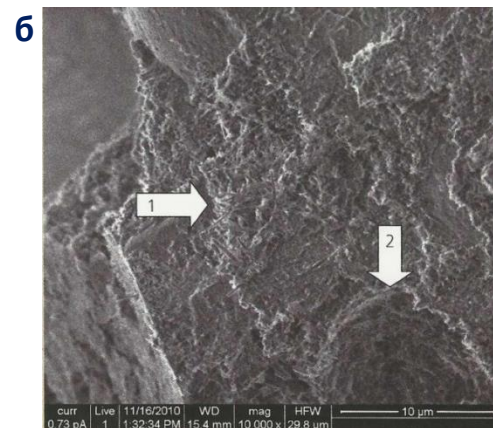
РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ УКРЕПЛЕННЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Научные исследования направлены на увеличение объемов строительства автомобильных дорог с применением местных минеральных материалов: укрепленных грунтов, обработанных малопрочных каменных материалов и отходов промышленности Республики Татарстан.

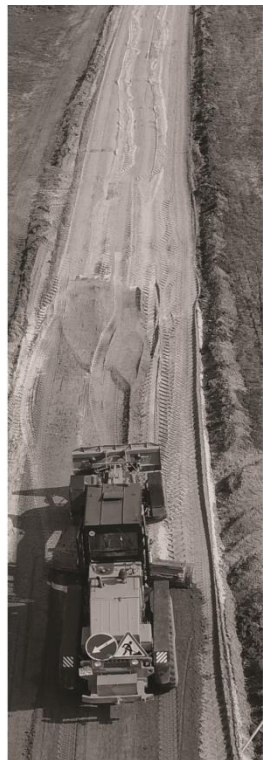
Анализ свойств грунтов в муниципальных районах Республики Татарстан



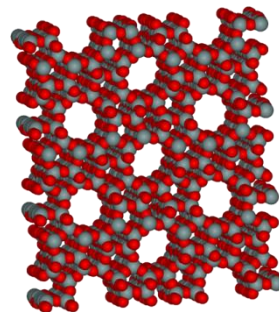


Микроструктура цементогрунта:
а – обработанного гидрофобизатором,
б – без модификации;
1 – поверхность мелкого заполнителя,
2 – воздушная пора, 3 – заполнитель,
4 – частицы цемента, 5 – капилляры.

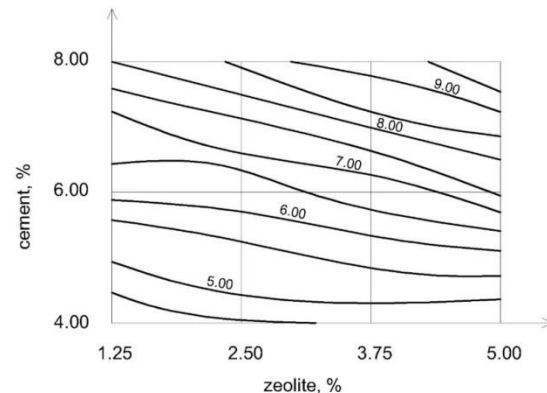
МОДИФИКАЦИЯ АКТИВИРОВАННЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ И ДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ



Цеолитсодержащая порода



Химический состав :
 SiO_2 57,12 – 66,34 %
 SiO_2 (аморф.) – 31,64%
 Al_2O_3 5,74 – 6,51 %
 CaO 14,6 – 18,75 %
 K_2O 1,06 – 1,8 %
 Fe_2O_3 1,32 – 2,7 %
 MgO 1,33 – 1,8 %
 Na_2O 0,04 – 0,25 %
 TiO_2 0,25 – 0,36 %
 MnO 0,0 – 0,01%





- Исследованы **грунты и материалы карьеров местного минерального сырья Республики Татарстан** (щебень, песок, ПГС). Определены их свойства и пригодность для дорожных одежд;
- Разработаны **оптимальные составы укрепленных грунтов с добавками** на основе гидрофобных и гидрофильных ПАВ и полимеров, электролитов, активированных минеральных наполнителей, фиброволокон. В качестве гранулометрических добавок применены местные минеральные материалы (песок, ПГС, карбонатный щебень) с действующих карьеров и асфальтобетонный гранулят;
- Разработаны **Альбомы эффективных конструкции дорожных одежд автомобильных дорог IV и V технической категории с применением в качестве слоев основания укрепленных, модифицированных местных минеральных материалов и отходов промышленности Республики Татарстан, Стандарты организации Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан, Технические условия, Технологические регламенты;**
- Выполнено **строительство более 30 экспериментальных участков автомобильных дорог в Республике Татарстан** и осуществляется мониторинг их состояния в процессе эксплуатации в 2013-2024 г.г.



		Агрийский район				О
Вид грунта	Карьеры	Дорожная одежда		Толщина слоев D, категории *	Толщина слоев D, категории **	В
		Конструкция				
1	2	3	4	5	6	7
Песок средней крупности	Отсутствуют	①		$b_{D1} = 5 \text{ см}$ $b_{D2} = 6 \text{ см}$ $b_{D3} = 20 \text{ см}$ $b_{D4} = 30 \text{ см}$	$b_{D1} = 4 \text{ см}$ $b_{D2} = 6 \text{ см}$ $b_{D3} = 16 \text{ см}$ $b_{D4} = 30 \text{ см}$	В
		②				В
		③				В
		④				В
		⑤				В
		1 – Асфальтобетон плотный II марки типа В, марка битума ВДЧ-60/90 2 – Асфальтобетон м/л пористый II марки, марка битума ВДЧ-60/90 3 – Укрепленный грунт марок по прочности М40, морозостойкости F12 4 – Песчанно-гравийная смесь				В

* коэффициент надежности - 0,70; интенсивность для V категории - не более 100 авт/су

*** расход цемента в клинкерной добавки от массы грунта, в %; расход инертных добавок, в % от общей массы

Щ – щавель, карбоксильный; АГ – асфальтоуглевод; АПМ – асфальтополимер; ПКС – поликарбонат.

REGISTRATION OF PATENTS

Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан

OKT 571192
OKC 91,100,15

STANDART ORGANIZACIJE

ЩЕБЕНЬ, ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫЕ, ЦЕМЕНТО-ГРУНТО-ЩЕБЕНОЧНЫЕ И ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНО-ЦЕМЕНТНЫЕ СМЕСИ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

CTO 5711-004-02069622-2020

СОГЛАСОВАНО
Директор ГКУ «Главгидромет»
Э.Ю. Данилов
2020 г.

РАЗРАБОТАНО
Ректор КазГАСУ
Р.К. Низамов
2020 г.

Kuznetsov

2020

† 0.05, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001.

c

b

10



Х Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии: пути повышения межремонтных сроков службы автомобильных дорог»



ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

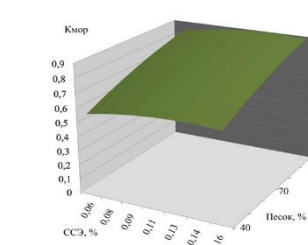
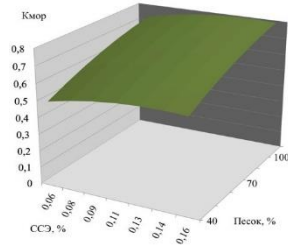
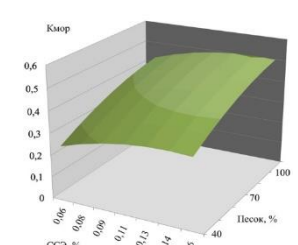
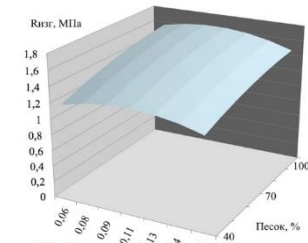
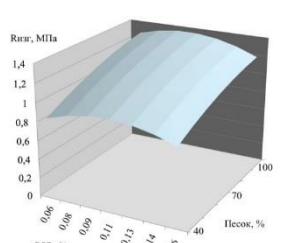
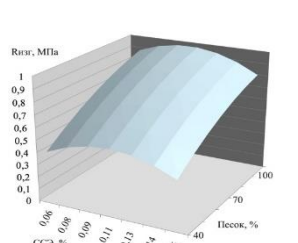
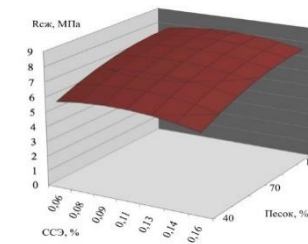
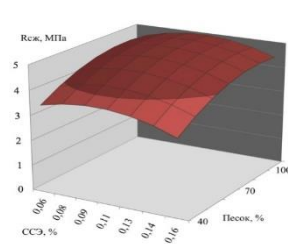
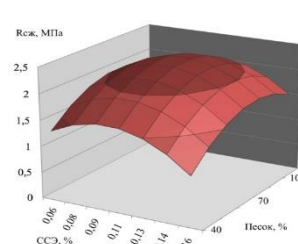
- в **2013** году при строительстве 5 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Нурлатском районе Республики Татарстан;
- в **2015** году при строительстве 3 экспериментальных участка на автомобильной дороге в Лаишевском районе Республики Татарстан;
- в **2015-2018** году при строительстве промысловых дорог до скважин НГДУ «Азнакаевскнефть», НГДУ «Лениногорскнефть»;
- в **2018** году при строительстве 5 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Новошешминском районе Республики Татарстан;
- в **2019** году при строительстве 3 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Спасском районе Республики Татарстан;
- в **2020** году при строительстве 3 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Спасском района Республики Татарстан;
- в **2021** году при строительстве 5 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Сабинском и Тукаевском районе Республики Татарстан;
- в **2022** году при строительстве 2-х экспериментальных участков дорожно-уличной сети в Алексеевском районе Республики Татарстан;
- в **2023** году при строительстве 2-х экспериментальных участков на дорожно-уличной сети Алексеевском района Республики Татарстан.

Комплексная модификация укрепленных грунтов и оптимизация их состава

Матрица планирования эксперимента и значения физико-технических свойств модифицированного цементогрунта на основе грунта состава № 20

Оптимизация составов модифицированных цементогрунтов на основе грунта состава № 20

№	Расход ПЦ, %		Дозировка ПЦ, %		Дозировка ОТЭС, %		Предел прочности на сжатие (экспер.), МПа Предел прочности на растяжение при изгибе (экспер.), МПа Коэффициент морозостойкости (экспер.)			Предел прочности на сжатие (расчет.), МПа Предел прочности на растяжение при изгибе (расчет.), МПа Коэффициент морозостойкости (расчет.)		
	X ₁	X ₁	X ₂	X ₂	X ₃	X ₃	R _{сж}	R _{изг}	K _{мор}	R _{сж}	R _{изг}	K _{мор}
1	-1	6	-1	0,06	-1	40	0,79	0,48	0,18	1,34	0,42	0,25
2	1	12	-1	0,06	-1	40	5,76	1,22	0,43	5,84	1,21	0,57
3	-1	6	1	0,16	-1	40	0,55	0,52	0,26	0,97	0,41	0,33
4	1	12	1	0,16	-1	40	5,23	1,2	0,51	5,44	1,17	0,63
5	-1	6	-1	0,06	1	100	1,47	1	0,45	1,68	0,88	0,42
6	1	12	-1	0,06	1	100	7,78	1,59	0,81	7,69	1,56	0,83
7	-1	6	1	0,16	1	100	1,16	0,93	0,55	1,48	0,80	0,50
8	1	12	1	0,16	1	100	7,67	1,54	0,87	7,45	1,46	0,89
9	-1,68	3,96	0	0,11	0	70	1,38	0,31	0,13	0,68	0,48	0,14
10	1,68	14,04	0	0,11	0	70	9,84	1,76	0,91	9,49	1,69	0,74
11	0	9	-1,68	0,026	0	70	4,24	0,88	0,67	3,78	0,90	0,56
12	0	9	1,68	0,194	0	70	3,69	0,71	0,75	3,27	0,81	0,67
13	0	9	0	0,11	-1,68	120,4	3,18	0,73	0,66	2,50	0,75	0,45
14	0	9	0	0,11	1,68	120,4	4,67	1,29	0,78	4,48	1,37	0,81
15	0	9	0	0,11	0	70	3,56	1,12	0,48	4,79	1,21	0,71
16	0	9	0	0,11	0	70	4,43	1,32	0,51	4,79	1,21	0,71
17	0	9	0	0,11	0	70	4,51	0,99	0,79	4,79	1,21	0,71
18	0	9	0	0,11	0	70	5,15	1,39	0,71	4,79	1,21	0,71
19	0	9	0	0,11	0	70	4,49	1,08	0,79	4,79	1,21	0,71
20	0	9	0	0,11	0	70	4,49	1,08	0,79	4,79	1,21	0,71



Технологические процессы строительства и мониторинга состояния автомобильной дороги



4



5



6



7



8



9



Технологические процессы строительства и мониторинга состояния автомобильной дороги



13



14



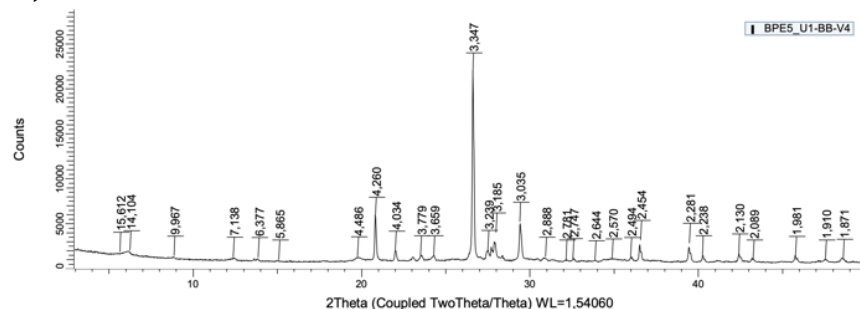
15



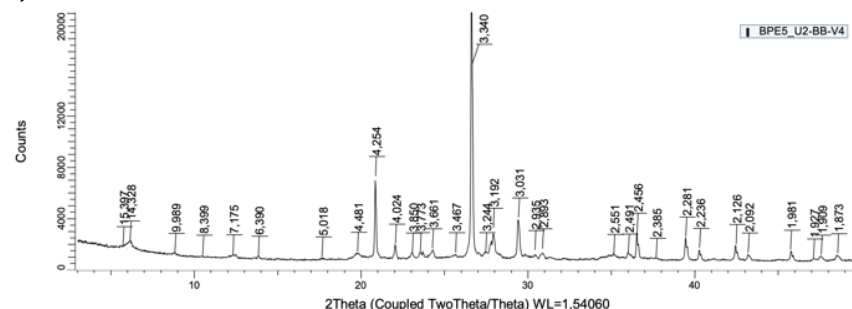
Результаты сравнения физико-механических характеристик цементогрунтов, отобранных из основания дорожных одежд и изготовленных в лаборатории

Показатели физико-механических испытаний	Участки автомобильной дороги					
	Участок 1 (комплексно-модифицированный цементогрунт)			Участок 2 (немодифицированный цементогрунт)		
	Образцы-вырубки	Лабораторные образцы	Требования ГОСТ 23558-94, не менее; (марка)	Образцы-вырубки	Лабораторные образцы	Требования ГОСТ 23558-94, не менее; (марка)
Предел прочности при сжатии, МПа	4.3	4.78	4.00; (M40)	2.16	2.49	2.00; (M20)
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	1.01	1.30	0.80; (M40)	0.41	0.55	0.40; (M20)
Коэффициент морозостойкости	0.77	0.81	0.75; (F15)	0.75	0.8	0.75; (F10)

1)



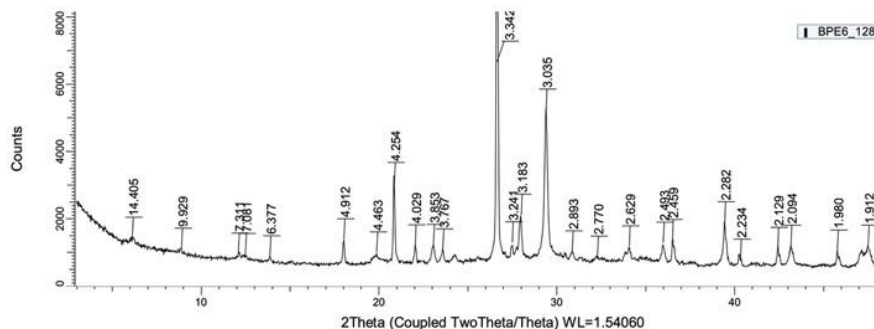
2)



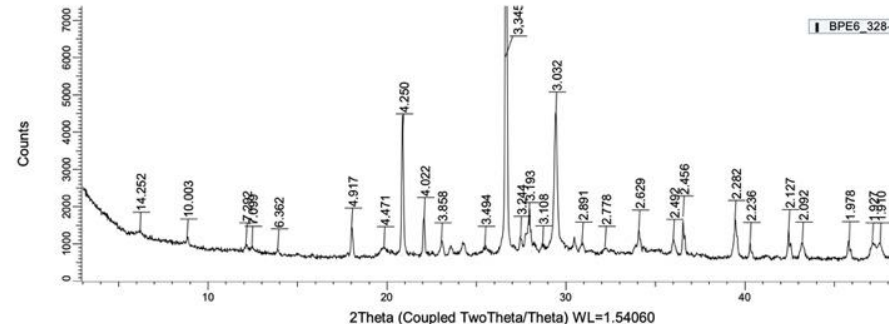
Дифрактограммы цементогрунтов из основания дорожных одежд

1) – комплексно-модифицированный цементогрунт; 2) – немодифицированный цементогрунт

1)



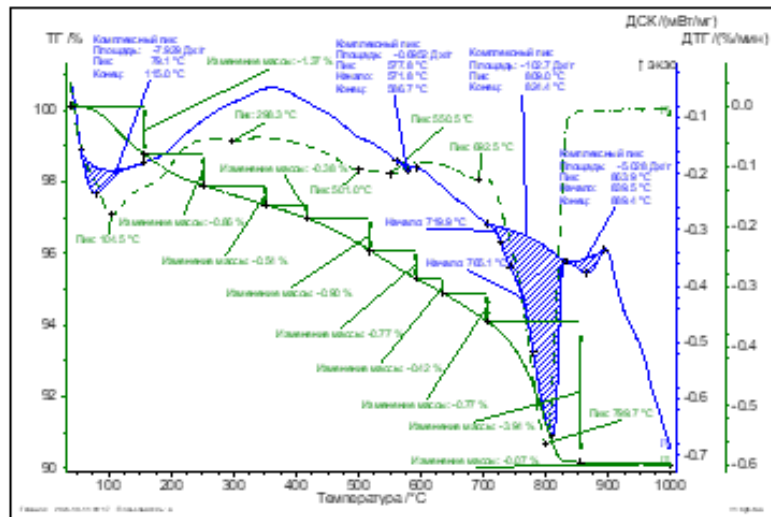
2)



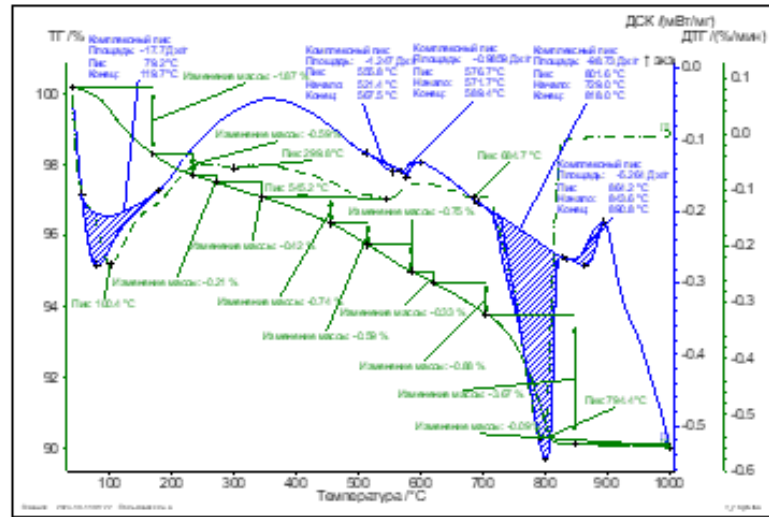
Дифрактограммы лабораторных цементогрунтов

1) – комплексно-модифицированный цементогрунт; 2) – немодифицированный цементогрунт

1)



2)



Дериватограммы цементогрунтов из основания дорожных одежд

1 – комплексно-модифицированный цементогрунт;

2 – немодифицированный цементогрунт

Сравнение фазового состава цементогрунтов, отобранных из основания дорожных одежд и изготовленных в лаборатории

Наименование минералов в цементогрунтах	Лабораторные образцы		Образцы, отобранные из основания автомобильной дороги	
	Комплексно-модифицированные цементогрунты	Немодифицированный цементогрунт	Комплексно модифицированные цементогрунты	Немодифицированные цементогрунты
Портландит	2.64 %	1.46 %	1.92	1.21
Кальцит	17.10 %	21.08 %	8.46	7.12
Гидросиликаты кальция	1.15 %	0.58 %	0.52	0.39
C_3S и C_2S	1.64 %	2.62 %	1.11	1.75
Аморфная фаза	29.9 %	27 %	27.3	25.2

Результаты сравнительных испытаний модулей упругости цементогрунтов

Материал основания дорожной одежды	Модуль упругости, МПа		
	Слоя дорожной одежды	Лабораторного исследований	Требования ПНСТ 542-2021, не менее
Модифицированный цементогрунт, марка по прочности М40	510	550	400
Немодифицированный цементогрунт, маркой по прочности М20	260	300	250



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Строительство дорожных одежд с применением
комплексно-модифицированных цементогрунтов**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

Проректор по научно-исследовательской деятельности
Заведующий кафедрой автомобильных дорог, мостов и тоннелей
Вдовин Евгений Анатольевич



X Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии: пути
повышения межремонтных сроков службы автомобильных дорог»